

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРИЗАЦИИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА БОРТОВУЮ АППАРАТУРУ**

*В.В. Брагин*

(<sup>1</sup>Самара, СГАУ, bragin\_vv@inbox.ru)

## **SIMULATION OF SPACECRAFTS ELECTRIZATION AND ITS IMPACT ON INFLIGHT EQUIPMENT**

*V.V. Bragyn*

Длительное существование космических аппаратов(КА) на околоземной орбите протекает в условиях воздействия факторов космической среды, в результате воздействия широкого спектра которых происходит зарядка аппарата при изменении свойств окружающей плазмы, в следствие бомбардировки его заряженными частицами, особенностей конструкции и применения материалов с различными электрофизическими свойствами на поверхности КА в процессе перезарядки возникает дифференциальный заряд. В результате разности потенциалов поверхности, а так же в местах попадания в КА твердых заряженных микрочастиц(микрометеороиды, космический мусор) возможно возникновение электростатических разрядов(ЭСР), что приводит к возникновению паразитного электромагнитного поля(ЭМП), которое вносит помехи в работу бортовой аппаратуры(БА).

Следовательно, одной из актуальных задач является моделирование процессов электризации и их влияние на КА. Это позволяет определить возможные места возникновения ЭСР и влияние паразитного значения ЭМП на работоспособность БА. Имея эти данные уже на этапе конструирования можно внести доработки с целью уменьшения вероятности возникновения ЭСР, а так же провести компоновку БА внутри отсека таким образом, чтобы паразитное значение ЭМП не превышало порогового значения уровня помех и не влияло на работоспособность БА.

В данной работе разработана методика определения мест возможного возникновения ЭСР, проведен расчет потенциалов поверхности и моделирование ЭСР. На основе полученных данных предложены конструктивные методы защиты дренажных отверстий негерметичных отсеков от проникновения ЭМП. Проведен анализ и сравнение предложенных методов по их эффективности.

Модель геометрически сложного КА создается в виде ансамбля различных трехмерных тел, каждое из которых, в свою очередь, представляется в виде совокупности базовых элементарных поверхностей, математически описываемых как двумерные и трехмерные элементарные поверхности.

Значения потенциалов и напряженности электрического поля на элементах конструкции КА зависят в первую очередь от параметров внешних воздействующих факторов: ионосферной плазмы, потока авроральных электронов, солнечного излучения и от значений вторично-эмиссионных коэффициентов материалов, находящихся на поверхности аппарата. При выполнении моделирования использована динамическая модель анализа процессов электризации при варьировании условий воздействия внешних факторов на КА. Строгая математическая связь указанных величин устанавливается с помощью уравнения полного тока для поверхности аппарата.

Моделирование последствий ЭСР на поверхности КА проводилось методом конечных разностей. Метод позволяет перейти от решения краевой задачи для дифференциальных уравнений к системе алгебраических уравнений относительно значений искомой функции на заданном множестве точек. Это достигается путем замены производных дифференциального уравнения на их конечно-разностную аппроксимацию. Система дифференциальных уравнений решается заменой области непрерывного изменения аргумента дискретным множеством точек, т.е. на отрезке строится сетка. В результате моделирования получи зависимость напряженности поля от времени в каждой точке выбранной сетки.

Методика определения мест возможного возникновения ЭСР основывается на анализе картин распределения потенциалов на поверхности модели. При таком анализе выявляются области наибольших градиентов потенциалов. Анализ совокупности этих расчетных данных показывает, что возникновение ЭСР возможно: на элементах с большим радиусом кривизны (остроугольные); на элементах с градиентом потенциала равным или превышающим пороговое значение ЭСР; на любом элементе поверхности КА в результате попадания твердой заряженной частицы.

Через дренажные отверстия, предназначенные для дегазации аппарата, в КА проникает паразитное ЭМП. Наиболее опасным источником паразитного ЭМП является ЭСР вблизи дренажного отверстия. Для защиты БА от воздействия паразитного ЭМП, дренажное отверстие было экранировано двухслойным экраном. Экран может быть расположен на внешней поверхности отсека или находится в его полости. Предложены две формы экрана полусферический и цилиндрический. На рисунке 1 приведено сравнение напряженностей поля для различных типов экрана и без экранирования, для увеличения наглядности проведено усреднение значений.

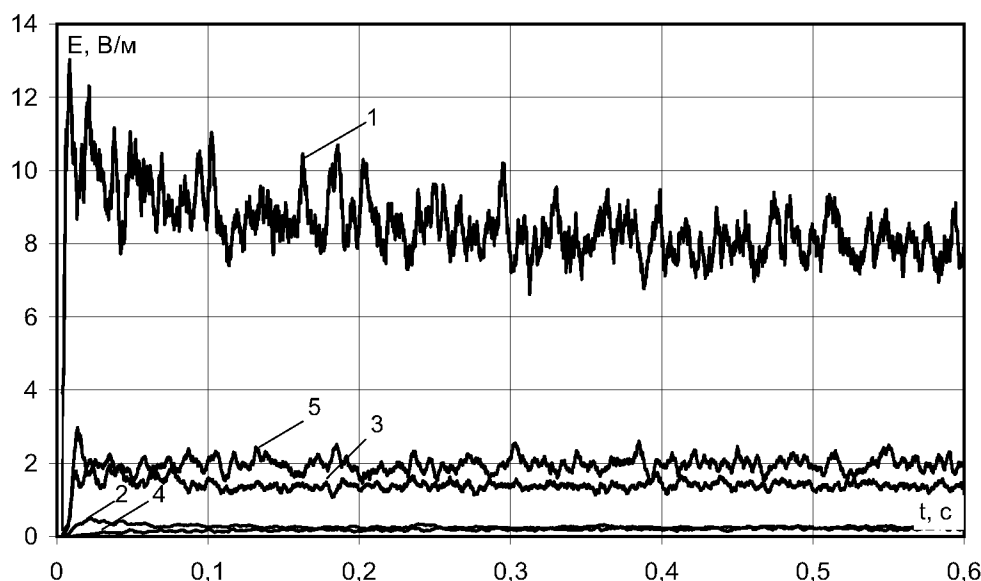


Рис. 1. Зависимость усредненного значения напряженности поля в точке при ЭСР с напряжением 5 кВ: 1 - без экранирования; 2 - сферический экран на поверхности отсека; 3 - сферический экран в полости отсека; 4 - цилиндрический экран на поверхности отсека; 5 - цилиндрический экран в полости отсека.

На основе полученных результатов сделан вывод, варианты с размещением экрана на поверхности отсека обеспечивают лучшее экранирование, цилиндрический экран на поверхности отсека обеспечил наибольший коэффициент затухания.

## ОБЗОР ИНЖЕКТОРОВ ТВЕРДЫХ ПЫЛЕВЫХ ЧАСТИЦ С КОНТАКТНЫМ СПОСОБОМ ЗАРЯДКИ

А.С. Видманов<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> Самара, СГАУ, [jkt13@rambler.ru](mailto:jkt13@rambler.ru))

## REVIEW OF INJECTORS DUST PARTICLES WITH A CONTACT METHOD CHARGE

A.S. Vidmanov

Рассмотрены конструкции инжекторов ускорителей заряженных частиц для моделирования столкновения микрометеоритов с материалами элементов конструкций космических аппаратов в лабораторных условиях. Показана эволюция таких устройств и предложены пути их дальнейшего развития.